

0-793038

На правах рукописи

Гулевич А.

Гулевич Антон Павлович

**ОПТИМАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ ПРОФИЛАКТИКИ
НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

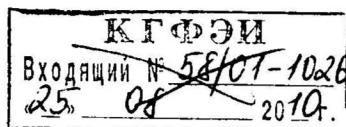
Специальность 08.00.13 – «Математические и инструментальные методы
экономики»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата экономических наук

Владивосток – 2010



Работа выполнена на кафедре математики и моделирования Тихоокеанского государственного экономического университета.

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук,
доцент Хан Игорь Сергеевич

Официальные оппоненты: доктор экономических наук,
доцент Ембулаев Владимир Николаевич

кандидат экономических наук,
Мусорин Сергей Алексеевич

Ведущая организация: Дальневосточный федеральный университет

Защита состоится 24 сентября 2010 года в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.054.01 при Тихоокеанском государственном экономическом университете по адресу: 690091, Владивосток, Океанский проспект 19, ауд. 148

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Тихоокеанского государственного экономического университета

Автореферат разослан 10 августа 2010 года

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000690371

Ученый секретарь
диссертационного совета,
канд. эконом. наук, доцент

Олейник

Олейник Е.Б.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Современная рыночная экономика предъявляет повышенные требования к качествам работника, в том числе и к его здоровью. Увеличение расходов общества на здравоохранение (на сегодняшний день в развитых странах мира они составляют 8-15% от ВВП) вызывает необходимость совершенствования методов планирования проведения медицинских мероприятий. Одним из направлений, реализуемых органами государственной власти ведущих стран мира в области управления ресурсами здравоохранения, является внедрение экономико-математических моделей. Данный подход позволяет формулировать и эффективно решать задачи поиска управленческих решений, оптимальные с точки зрения использования средств на проведение медицинских мероприятий. Профилактика заболеваемости (ПЗ) – один из методов улучшения здоровья населения, представляющий собой сложный комплекс мероприятий, реализуемых на различных стадиях жизни человека и в различных сферах его деятельности. Существовавшие математические модели, описанные в работах Н. Бейли, М. Барглетта, М. Кендалла, Х. Эбби используются для решения задач поиска оптимальных решений в области профилактики инфекционных заболеваний. В тоже время в области ПЗ неинфекционных болезней, являющихся основной причиной потери трудоспособности населения, в настоящее время подобный инструментарий отсутствует. Поэтому существует потребность в экономико-математических методах, способных моделировать влияние проведения профилактики на неинфекционную заболеваемость населения, а также оценивать эффективность расходов на ее реализацию с целью принятия оптимальных управленческих решений по планированию проведения ПЗ.

В России вопрос о внедрении методов оценки эффективности инвестиций в здравоохранение особенно актуален в свете наблюдаемых высоких показателей смертности населения и проводимого правительством реформирования социальной сферы экономики, включающей в себя введение в управление государственными учреждениями элементов рыночного хозяйствования.

ния. Особенностью проведения масштабных программ ПЗ в нашей стране, требующей адекватного отображения в модели, является наличие единственного источника финансирования – государственного бюджета без возможности появления альтернативного в ближайшей перспективе. Таким образом, необходима разработка экономико-математических моделей, позволяющих формулировать и решать задачи поиска оптимальных стратегий ПЗ и адаптированных к применению в условиях бюджетного финансирования.

Цель и задачи диссертационного исследования Целью диссертационной работы является создание модельного и программного инструментария, позволяющего формулировать и решать задачи поиска стратегий проведения профилактики неинфекционных заболеваний населения, оптимальных с точки зрения социально-экономических эффектов.

В соответствии с указанной целью в работе были поставлены следующие **задачи исследования**:

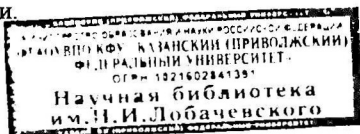
– Определить место и роль профилактики заболеваемости в структуре мероприятий по улучшению здоровья населения, оценить современное состояние финансирования профилактических мероприятий в России.

– Провести анализ наиболее значимых экономико-математических моделей, описывающих процессы распространения заболеваний.

– Предложить и обосновать критерии оптимальности стратегий проведения ПЗ, позволяющие учитывать социальные и экономические эффекты от профилактики неинфекционных заболеваний.

– Разработать модель, позволяющую определять количественную динамику показателей распространения неинфекционных заболеваний и находить стратегию проведения профилактического обследования (ПО), оптимальную с точки зрения заданного критерия.

– Исследовать вопросы существования состояния равновесия в динамике распространении неинфекционных заболеваний, условия его устойчивости в зависимости от параметров модели.



– С помощью разработанной модели сформулировать и решить задачи нахождения стратегий профилактического обследования для различных критериев оптимальности и проанализировать полученные результаты.

– Исследовать зависимость показателей оптимальной стратегии от значений входных параметров в предложенной математической модели.

Объект исследования. Объектом исследования являются экономические отношения, связанные с проведением профилактики неинфекционных заболеваний населения.

Предмет исследования. Предметом исследования являются методы и инструменты расчета и анализа стратегий профилактики неинфекционных заболеваний.

Методологической и теоретической основой исследования явились труды отечественных и зарубежных ученых в области экономико-математического моделирования и общественного здоровья. Среди них работы С.А. Ашманова, В.Г. Болтянского, С.В. Кудрякова, В.М. Медкова, Р.Г. Оганова, Б.Б. Прохорова, Ю.И. Сунцова, М.С. Токмачевой, В.И. Усачева, Р.А. Хальфина, Д.И. Шмакова и др.

Информационной базой исследования стали данные Госкомстата России, Федеральной службы государственной статистики по Приморскому краю, Приморского краевого медицинского информационно-аналитического центра (ПК МИАЦ), публикации российских и зарубежных ученых, материалы Всемирной организации здравоохранения и других международных организаций.

Результаты исследования. Основным результатом исследования является разработка экономико-математической модели поиска оптимальной стратегии профилактики неинфекционных заболеваний. Так же в исследовании получены следующие результаты:

– Предложен методический подход к оценке ущербов общества от заболеваний.

– Предложен и апробирован методический подход к моделированию динамики развития неинфекционных заболеваний, учитывающий влияние профилактических мероприятий в том числе технологию и социально-экономические условия их проведения.

– Разработана модель, описывающая распространение неинфекционного заболевания в исследуемом населении по стадиям ее сложности.

– Сформулирована оптимизационная задача поиска оптимальной стратегии профилактического обследования неинфекционных заболеваний.

– Разработано инструментальное средство, реализующее метод поиска оптимальной стратегии ПО на плановый период до десяти лет.

– Проведено исследование практического применения метода поиска оптимальной стратегии проведения ПО на группе жителей г. Владивостока с использованием различных критериев эффективности профилактики.

– Предложен и апробирован метод вычисления стратегии ПО на плановый период большой длительности.

Научная новизна работы заключается в следующем:

– Предложены и обоснованы критерии оптимальности стратегий многолетнего профилактического обследования населения.

– Предложена модель, описывающая влияние профилактического обследования на динамику распространения неинфекционного заболевания и позволяющая:

а) определять динамику показателей распространения заболеваний и осуществлять постановку задачи для нахождения оптимальных стратегий профилактики;

б) рассчитать оптимальную стратегию профилактического обследования, для различных критериев эффективности.

– Доказано наличие в динамической модели распространения неинфекционных заболеваний состояний равновесия и их устойчивость.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость исследования состоит в том, что разработанная модель позволяет про-

водить разносторонний и содержательный анализ эффективности проведения профилактических мероприятий с целью предотвращения распространения неинфекционных заболеваний при планировании государственных программ ПЗ населения. Практическое значение работы состоит в возможности использования предложенной в исследовании модели при разработке федеральных и региональных программ профилактики заболеваемости населения, а также обоснования инвестиционной политики в социальной сфере.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были изложены на Всероссийской научной конференции «Проблемы устойчивого развития и рационального использования ресурсного и промышленного потенциала региона», Владивосток, 15-16 ноября 2006 г., Международной Дальневосточной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по математическому моделированию, Владивосток, 14-18 мая 2007 г. и международной научной конференции «Российский Дальний Восток и страны АТР: проблемы устойчивого развития в условиях глобализации», Владивосток, 10-12 октября 2007 г.

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в восьми работах, общим объемом 1,65 печатных листа (в том числе 1 авторский), из них:

1) Три статьи, в том числе одна в журнале «Вестник Белгородского государственного университета», входящего в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки РФ – 0,25 печатных листа (авторских – 0,13).

2) Пять тезисов докладов на научных конференциях.

Личный вклад автора. Диссертантом самостоятельно разработан вариант динамической модели распространения неинфекционных заболеваний в условиях проведения систематических ПО, получены и обработаны все приводимые экспериментальные результаты с помощью самостоятельно написанного программного обеспечения. Разработка базового варианта модели,

формулировка оптимизационных задач и анализ динамики показателей модели осуществлены совместно с научным руководителем.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников, включающего 101 элемент. Общий объем работы – 183 страницы машинописного текста, включая 26 таблиц, 33 рисунка, 22 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы его цель и задачи, определены предмет и объект исследования, показаны научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первом разделе «Теоретические вопросы прогнозирования и оценки эффективности медицинских профилактических мероприятий» исследованы теоретические и методологические аспекты профилактики неинфекционных заболеваний как части системы медицинского обслуживания населения. Также рассмотрены особенности оценки экономической эффективности проведения и отражения профилактических мероприятий в экономико-математических моделях.

Идея о том, что высокообразованные, обладающие хорошим здоровьем люди способны к более производительному труду, чем люди с низким уровнем образования и плохим здоровьем, была высказана еще А.Смитом, Д. Рикардо и К. Марксом. Теоретическое обоснование эта идея получила лишь во второй половине XX века в виде теории человеческого капитала. Ее основоположниками принято считать американских экономистов Г.Беккера, Дж. Кендрика, Т.У.Шульца и др.

Здоровье – важнейший элемент человеческого капитала, часть которого является наследственной, а другая – приобретенной в результате затрат усилий и средств как самого человека, так и общества. Оно формируется и поддерживается совокупностью условий повседневной жизни, при этом экономические факторы и образ жизни играют доминирующую роль.

Последние два десятилетия в России сопровождались резким ухудшением условий жизни населения, что привело к снижению показателей здоровья. Так, показатели смертности населения увеличились более чем на 40% в период с 1991 по 2005 год, причем в 77% случаев их причиной являются неинфекционные заболевания. В настоящее время, в среднем, каждый житель России живет на 13 лет меньше, чем в экономически развитых странах мира. В работах таких исследователей как В.П. Корчагин, Б.Б. Прохоров, Д.И. Шмаков, В.И. Усачев, приводятся оценки экономических потерь от ухудшения здоровья населения России до 33% ВВП в год.

С 2006 года в РФ реализуется приоритетный национальный проект (ПНП) «Здоровье», одним из его основных мероприятий которого является проведение профилактических обследований (ПО) населения страны с целью выявления и предотвращения развития случаев заболеваний. В настоящее время проведение регулярных ПО в рамках проекта не предусмотрена, так как данные мероприятия достаточно дорогостоящи, а единственным источником их финансирования является государственный бюджет. В тоже время эффективность ПО без проведения повторных обследований в будущем невелика, так как через непродолжительный период времени, результаты от их реализации будут нивелированы ростом количества нераскрытых случаев заболеваний. Поэтому в настоящее время, становятся востребованными решения задач формирования долгосрочных стратегий охвата населения ПО с целью максимального снижения заболеваемости, инвалидности и смертности населения при ограниченных затратах государства.

При планировании финансирования профилактических мероприятий наиболее важен ожидаемый размер экономического эффекта, выражающийся в последующем снижении расходов государства, связанных с заболеваемостью, инвалидностью и смертностью населения. В рассмотренной автором литературе ни одна из методик расчетов размера ущерба, связанного с заболеваемостью, данный аспект не учитывает. Поэтому в рамках данной работы

автором предложена следующая классификация ущербов от потерь здоровья общества в год t :

1) Прямой экономический ущерб V^t , представляющий собой совокупность расходов государственного бюджета, связанных с заболеваемостью в год t :

$$V^t = q_1^t + q_2^t + q_3^t \quad (1)$$

где q_1^t – расходы вследствие временной утраты трудоспособности, включающие в себя выплаты по больничному листу и затраты на лечение больных в год t ; q_2^t – расходы вследствие преждевременной смертности населения, включающие в себя выплаты по потере кормильцев, умерших в год t и выплачиваемых государством семьям умерших; q_3^t – расходы вследствие инвалидности населения, включающие в себя затраты на лечение индивидов, признанных инвалидами в год t и выплаты им пенсий в течение жизни.

2) Косвенный экономический ущерб общества K^t , представляющий собой стоимостную оценку потерь трудового времени производством, связанных с заболеваемостью рабочей силы в год t :

$$K^t = k_1^t + k_2^t \quad (2)$$

где k_1^t – ущерб общества от потери трудового времени вследствие утраты трудоспособности населения, k_2^t – вследствие преждевременной смертности от заболеваний.

3) Совокупные экономический ущерб VH^t общества в год t :

$$VH^t = V^t + K^t \quad (3)$$

4) Социальный ущерб общества C^t , представляющий собой стоимостную оценку потерь общества, связанных с преждевременной смертностью населения в год t .

$$C^t = \sum_{i=1}^{Pd-1} n_i^t \cdot C \cdot (Pd - i) \quad (4)$$

где Pd – средняя продолжительность жизни населения в год t , n_i^t – число умерших в возрасте i в год t , C – цена одного года непрожитой жизни индиви-

дуумом для общества. В исследовании используется оценочная стоимость одного года жизни, приведенная в статье Б.Б. Прохорова и Д.И. Шмакова «Оценка стоимости статистической жизни и экономического ущерба от потерь здоровья», журнал «Проблемы прогнозирования» №3, 2002, С. 125-135.

Существование данного вида ущерба основывается на постулате о том, что человеческая жизнь ценна сама по себе. Поэтому, помимо явных экономических потерь, при преждевременной смерти человека общество несет ущерб, названный в данной классификации социальным.

5) Социально-экономический ущерб общества A^t , связанный с заболеваемостью в год t :

$$A^t = VH^t + C^t \quad (5)$$

Сравнение профилактических мероприятий по критерию прямого экономического ущерба, позволит выделить профилактическое мероприятие, оптимальное для государственного бюджета как для потенциального инвестора. Использование критерия потерь от уменьшения трудового времени позволит выбрать метод профилактики, минимизирующий потери ВВП. Сравнение по критериям совокупного экономического и социального ущерба позволяет выбрать профилактическое мероприятие, снижающее соответствующие ущербы общества.

Далее автором рассмотрены существующие математические модели, описывающие распространение заболеваний. Их можно разделить на две группы: описывающие распространение инфекционных и неинфекционных заболеваний. Наибольшее практическое применения получили модели из первой группы, которые в совокупности получили название «теория эпидемий». Из за специфики возникновения неинфекционных заболеваний модели «теории эпидемий» к ним не применимы. Моделирование развития неинфекционных заболеваний населения ближе к моделям популяционной биологии, которая изучает структуру и закономерности развития популяций. Кратко проанализированы существующие методы, описывающие демографические и эпидемиологические процессы развития общества, которые связаны с моде-

лированием смертности и заболеваемости населения в различных возрастных группах.

Каждое из описанных направлений содержит методы, позволяющие в той или иной мере описать процесс развития инфекционных и неинфекционных заболеваний, а также описать ПО как один из факторов, влияющих на их развитие. Однако они не являются специализированными для нахождения оптимальных стратегий ПО, так как их использование для решения данной задачи затруднено специфическими ограничениями, вследствие чего они не получили широкого практического применения.

Таким образом, исследования, посвященные влиянию профилактики на процесс развития заболеваний, достаточно редки. Вместе с тем, их востребованность в свете ухудшения демографической ситуации в России, ограниченности бюджетного финансирования здравоохранения и предпринимаемых в настоящее время мер становится все более высокой. Несмотря на то, что экономический аспект не является в здравоохранении решающим, подобные математические модели могут быть использованы в качестве инструмента для принятия управленческих решений, позволяя оценить экономический эффект от использования различных технологий профилактики заболеваний и выбрать из них наиболее оптимальную.

Во втором разделе «Построение оптимизационной модели профилактических обследований» разработана модель поиска оптимальной стратегии профилактики неинфекционных заболеваний и описаны методы формирования входных параметров модели на основе стандартных статистических данных, представленных в научной литературе. Под профилактикой в данном случае понимается скрининг населения – идентификация у пациента ранее не распознанного заболевания путем прохождения им определенного теста на его наличие.

В начале второго раздела сформулирована задача поиска оптимальной стратегии ПО в упрощенной модели – без деления исследуемого заболевания на стадии сложности. Перед началом проведения профилактики рассматри-

вается равновесная ситуация распространения заболевания, в котором показатели выявленной и невыявленной заболеваемости, а также численности населения постоянны в рамках некоторого временного периода. Доказательство существования равновесной ситуации приведено в подразделе 2.2 для общего случая – существования у исследуемого заболевания стадий сложности.

Введем следующие определения:

Определение 1. Стратегией ПО на планируемый период в n лет называется вектор $\vec{s} = (s_1, \dots, s_n) \in G$, где s_t – доля населения, охваченного ПО в год t , $s_t \in [0,1]$, G – множество всех возможных стратегий (единичный куб в R^n).

Определение 2. Оптимальной стратегией профилактики будем называть такое $\vec{s}^* \in G$, при котором экономический эффект от проведения ПО за n лет будет максимален.

Положительный эффект возможен вследствие того, что больные обнаруживаются на более легких стадиях заболевания, чем если бы они самостоятельно обратились в учреждения здравоохранения (УЗ). Следовательно, их лечение менее дорогостоящее. В качестве критерия поиска оптимальной стратегии для данной задачи автором предложен размер экономического эффекта от сокращения расходов общества на лечение больных за n лет проведения ПО в плановом периоде $e_{ec}(\vec{s})$:

$$e_{ec}(\vec{s}) = R_k \cdot n - \sum_{t=1}^n (F^t(s^t) + H^t(s^t) + R^t(s^t)), \quad (6)$$

где $F^t(s^t)$ – расходы на проведение ПО по стратегии \vec{s} в год t , $H^t(s^t)$ – расходы на лечение заболеваний, выявленных в результате профилактических обследований в год t , R_k – ежегодные расходы общества на лечение больных в ситуации без проведения ПО; $R^t(s^t)$ – расходы общества на лечение больных самостоятельно обратившихся к врачу в ситуации проведения ПО:

Упрощенная задача поиска оптимальной стратегии ПО формулируется следующим образом:

$$e_{\kappa}(\bar{s}^*) \rightarrow \max$$

$$\bar{s}^* \in G$$
(7)

Для учета экономии от снижения совокупных расходов на лечение больных во внеплановом периоде автором предложен критерий $E_{\kappa}(\bar{s})$:

$$E_{\kappa}(\bar{s}) = \sum_{t=1}^n (K'(s^t) \cdot (q - q_p) - F'(s^t))$$
(8)

где $K'(s^t)$ – количество больных, выявленных в результате проведения ПО в год t , q_p – усредненная стоимость лечения больного, выявленного в результате ПО, q – стоимость лечения больного выявленного в ситуации без проведения ПО.

В рамках исследования зависимости между описанными критериями сформулирована и доказана следующая

Лемма: В условиях рассмотренной модели $E_{\kappa}(\bar{s}) \geq e_{\kappa}(\bar{s}), \forall \bar{s} \in G$.

Следствие леммы: пусть \bar{s}^* решение задачи (7), $e_{\kappa}^*(\bar{s}^*)$ – значение экономического эффекта. Тогда справедливо следующее утверждение: если $e_{\kappa}^*(\bar{s}^*) > 0$, то $E_{\kappa}(\bar{s}^*) > 0$.

Следствие леммы позволило автору ввести классификацию оптимальных стратегий ПО, являющихся решениями задачи (7).

Основным результатом диссертационного исследования является построение модели и оптимизационной задачи поиска оптимальной стратегии ПО для неинфекционного заболевания, имеющего h стадии сложности. Для этого последовательно описаны три случая распространения заболевания, в каждом из которых предполагается выполнение условия замкнутости модели: ежегодная численность населения постоянна и равна N .

Первой рассмотрена гипотетическая ситуация «естественного» развития заболеваемости, характеризующаяся отсутствием медицинской помощи и проведения ПО. В каждый дискретный момент времени t состояние заболеваемости в обществе характеризуется вектором $\bar{v}^t = (v_0^t, v_1^t, \dots, v_h^t)^T$, v_i^t – доля населения, относящаяся к больным i -ой степени сложности (или, в дальней-

шем, к i -ой группе). v_0^i – доля «здоровых» т.е. не болеющие данной болезнью. Значение v_1^i можно рассматривать так же как вероятность для человека быть в момент времени t в группе i . Переход от \bar{v}^t к \bar{v}^{t+1} задается матрицей T' (рис. 1а), состоящей из элементов P_{ij} , $i, j \in [0, h]$. P_{ij} – вероятность того, что человек, находящийся в году t в группе i перейдет к началу года $t+1$ в группу j . Тогда динамика развития заболевания задается как:

$$(\bar{v}^{t+1})^T = (\bar{v}^t)^T \cdot T' \text{ или } \bar{v}^{t+1} = \bar{T}' \cdot \bar{v}^t \quad (9)$$

Здесь \bar{T}' – транспонированная матрица T' , $(T')^T = \bar{T}'$. P_{i0} , $i \in [1, h]$ интерпретируется как вероятности смертности больных из i -ой группы в году t и одновременного их «рождения» в качестве здоровых к началу года $t+1$. Этим обеспечивается замкнутость модели. Отметим «марковские» свойства матрицы T' (\bar{T}'): T' (\bar{T}') не зависит от t , $\sum_{j=0}^h P_{ij} = 1$, $i \in [0, h]$. Процесс развития большинства неинфекционных заболеваний имеет ряд особенностей. Это большая длительность развития заболевания, вследствие чего можно считать, что вероятность для больного i -ой сложности перейти за один год в сложность большую, чем $i+1$ пренебрежимо мала.

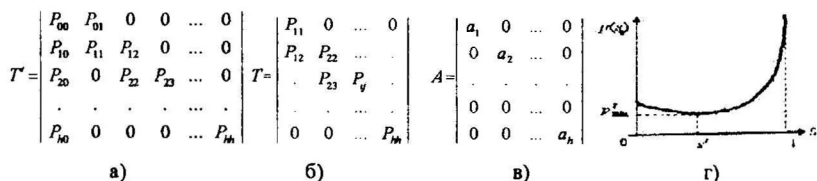


Рис. 1 Общий вид: а) матрицы T' , б) матрицы T , в) матрицы A , г) типичный график функции $p(s_i)$.

Также большинство неинфекционных заболеваний неизлечимы без медицинского вмешательства, поэтому считаем, что вероятность для больного i -ой сложности перейти за один год в сложность заболевания, меньшую i , также пренебрежимо мала. Данные особенности выражаются в следующих свойствах матрицы T' :

- 1) $P_{ij} = 0$, для $\forall j \in [i + 2, h]$;
- 2) $P_{ij} = 0$, для $\forall j < i, j \neq 0$;
- 3) Матрица T' (\bar{T}') неразложима;
- 4) Матрица T' (\bar{T}') устойчива;

Доказательства свойств (3-4) приведены в диссертационном исследовании.

На основании полученных свойств сформулированы следующие теоремы:

Теорема 1. Для динамики (9) существует равновесное состояние $\bar{v} > \bar{0}$, такое что:

$$\bar{v} = \bar{T}' \cdot \bar{v} \quad (10)$$

Матрица \bar{T}' в силу указанных свойств имеет положительный вектор Фробениуса \bar{v} , соответствующий числу Фробениуса $\lambda = 1$, который можно рассматривать как равновесное состояние системы (9). Подробное доказательство данного утверждения приведено в тексте диссертационного исследования. Далее в рассуждениях мы будем использовать нормированный вектор Фробениуса, который обозначим \bar{v}^* , $\bar{v}^* > \bar{0}$, $\sum_{i=0}^h v_i^* = 1$.

Теорема 2. Равновесное состояние \bar{v}^* устойчиво. Доказательство данного утверждения приведено в тексте диссертационного исследования.

Устойчивость равновесия, а также то, что распространение неинфекционного заболевания не носит эпидемиологического характера, позволяет полагать, что в условиях «естественного» развития заболевания распределения больных \bar{v}^t стремятся к равновесному состоянию \bar{v}^* .

Рассмотрим \bar{b}^t – усеченный вектор \bar{v}^t , $\bar{b}^t = (b_1^t, \dots, b_h^t)^T$, $b_i^t = v_i^t$, $\forall i \in [1, h]$.

Тогда:

$$\bar{b}^{t+1} = T \cdot \bar{b}^t + \bar{d}^t \quad (11)$$

где $\bar{d}^t = (d_1^t, 0, \dots, 0)^T$, $d_1^t = P_{01} \cdot v_0^t$, T – усеченная матрица \bar{T}^t , (рис.1б). d_i^t – доля населения, заболевшего в году t , т.е. ежегодный приток новых больных в общество. Формулу (11) можно рассматривать как более компактную запись динамики (9), используемую далее.

Тогда для вектора \bar{b} , являющегося усечением \bar{v}^* ($\bar{b} = (b_1, \dots, b_h)^T$, $b_i = v_i$, $\forall i \in [1, h]$) из (3) следует:

$$\bar{b} = T \cdot \bar{b} + \bar{d} \quad (12)$$

где $\bar{d} = (d^*, 0, \dots, 0)^T$, $d^* = v_0 \cdot P_{01}$.

Как уже сказано ранее, рассматриваемый «естественный» процесс развития заболеваемости является гипотетическим, так как в реальности ежегодно часть больных выявляется в результате их самостоятельного обращения в УЗ. Поэтому далее рассматривается случай развития заболеваемости с учетом указанного фактора. Вектор \bar{b}^t здесь обозначает распределение невыявленных больных в соответствующих группах, а выявленные больные находятся в новой группе с индексом $h+1$. Тогда распределение всех людей по $h+2$ группам задается в году t вектором $\bar{u}^t = (u_0^t, u_1^t, \dots, u_{h+1}^t)^T$, u_{h+1}^t – доля выявленных больных во всем населении в начале года t . Пусть a_i – ежегодная доля больных i -ой сложности, самостоятельно обращающихся за медицинской помощью в УЗ, $a_0 = 0$. Тогда:

$$\bar{u}^{t+1} = T'^A \cdot \bar{u}^t \quad (13)$$

или

$$\bar{b}^{t+1} = T^A \cdot \bar{b}^t + \bar{i}^t \quad (14)$$

где $\bar{i}^t = (i_1^t, 0, \dots, 0)^T$, $i_1^t = u_0^t \cdot P_{01}$; $\bar{b}^t = (b_1^t, \dots, b_h^t)^T$, $b_k^t = u_k^t$, $k \in [1, h]$, матрица T'^A (рис. 2а) очевидным образом получается из T' с учетом нового фактора и обладает аналогичными свойствами; T^A – усечение матрицы T'^A (рис. 2б). Элементы P_{ij} матрицы T^A совпадают со значениями элементов P_{ij} матрицы T' ; $\tilde{P}_{h+1,0}$ – вероятность для выявленного больного умереть при переходе системы из года i в год $i+1$; $\tilde{P}_{h+1,h+1}$ – вероятность для выявленного больного остаться живым при переходе системы из года i в год $i+1$);

$$T'^A = \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ P_{01} \cdot (1-a) & P_{11} \cdot (1-a) & P_{12} \cdot (1-a) & 0 & \dots & a \\ P_{20} \cdot (1-a) & 0 & P_{22} \cdot (1-a) & P_{23} \cdot (1-a) & \dots & a_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{P}_{n+0} & 0 & 0 & 0 & \dots & \tilde{P}_{m+1} \end{bmatrix}^T \quad T^A = \begin{bmatrix} P_{11} \cdot (1-a) & P_{12} \cdot (1-a) & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & P_{22} \cdot (1-a) & P_{23} \cdot (1-a) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & P_{33} \cdot (1-a) & P_{34} \cdot (1-a) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & P_{nn} \cdot (1-a) \end{bmatrix}^T$$

а)
б)

Рис.2 Общий вид: а) матрицы T'^A , б) матрицы T^A

В этом, как и в предыдущем случае нам важно наличие равновесного состояния π^0 , $\bar{u}^0 = T'^A \cdot \bar{u}^0$, существование и устойчивость которого доказано в подразделе 2.3. Полагаем, что система сходится к этому состоянию, и к началу следующего этапа – проведения ПО – находится в нем.

Тогда для вектора \bar{b}^0 , являющегося усечением π^0 , выполняется отношение, аналогичное (12):

$$\bar{b}^0 = T^A \cdot \bar{b}^0 + \bar{i} \quad (15)$$

где $\bar{i} = (i^*, 0, \dots, 0)^T$, $i^* = u_0^0 \cdot P_{01}$, $i^* = const$.

Введем в исследование вектор $\bar{p}^\kappa = (p_1^\kappa, \dots, p_n^\kappa)$, где p_i^κ – стоимость лечения заболевания i -ой сложности за весь период лечения. Тогда, для равновесной ситуации без проведения ПО, ежегодные расходы общества на лечение выявленных больных R постоянны и составят:

$$R = N \cdot \sum_{i=1}^k (b_i^0 \cdot a_i \cdot p_i^\kappa) = N \cdot p^\kappa \cdot A \cdot \bar{b}^0 \quad (16)$$

Структура матрицы A отражена на рис. 1в.

Далее рассматривается процесс развития заболеваемости с дополнительным условием проведения ежегодного ПО заданной доли s_i исследуемого населения, $s_i \in [0,1]$. Выявленные больные не подвергаются ПО, тогда имеем следующую динамику:

$$\bar{b}^{t+1} = T^A \cdot \bar{b}^t - T^A \cdot \bar{b}^t \cdot s_t + \bar{i}^t = (1 - s_t) \cdot T^A \cdot \bar{b}^t + \bar{i}^t \quad (17)$$

В дальнейшем считаем, что на коротком плановом периоде ежегодная доля вновь заболевших i_t^* практически не отличается от равновесной i^*

что отражает специфику многих неинфекционных заболеваний¹. Поэтому (17) запишем в следующем виде:

$$\bar{b}^{t+1} = (1 - s_t) \cdot T^A \cdot \bar{b}^t + \bar{i} \quad (18)$$

Обозначим: $\bar{l}^t = (E - A) \cdot \bar{b}^t$ – распределение невыявленных больных перед началом ПО в году t ; $p^t = p(s_t)$ – средняя стоимость ПО одного человека в год t в зависимости от доли обследуемого населения s_t . Объем расходов Q^t при проведении ПО в году t состоит из трех частей:

$$F^t = m_t \cdot s_t \cdot p^t, \quad L^t = s_t \cdot N \cdot \sum_{i=1}^h l_i^t \cdot p_i^{\kappa}, \quad P^t = N \cdot \sum_{i=1}^h (b_i^t \cdot a_i \cdot p_i^{\kappa}), \quad (9)$$

$$Q^t = F^t + L^t + P^t, \quad Q(\bar{s}) = \sum_{t=1}^n Q^t$$

где m_t – число здоровых и невыявленных больных перед началом ПО в году t , $Q(\bar{s})$ – общие расходы общества за весь плановый период длительностью n лет, F^t – расходы на проведение профилактики заболевания в год t , L^t – расходы на лечение случаев заболевания, выявленных в результате проведения профилактики в год t , P^t – расходы на лечение случаев заболевания, выявленных в результате самостоятельного обращения больных в УЗ в год t .

В рамках рассматриваемой задачи оптимальной стратегией профилактики называем такой вектор $\bar{s}^* = (s_1^*, \dots, s_n^*) \in G$, при котором общие расходы общества $Q(\bar{s})$ минимальны. Пусть R^A – значение совокупных расходов на лечение больных в ситуации без проведения ПО в плановом периоде:

$$R^A = n \cdot R \quad (20)$$

Тогда смысл проведения профилактики состоит в достижении максимального положительного экономического эффекта $e(\bar{s})$:

$$e(\bar{s}) = R^A - Q(\bar{s}) \quad (21)$$

Оптимальная стратегия \bar{s}^* является решением следующей дискретной задачи оптимального управления:

¹ Появления новых больных зависит не от проведения ПО, а от состояния здоровья населения, на которое влияет множество внешних факторов, таких как уровень жизни населения, климат и так далее

$$\begin{cases} Q(\bar{s}) \rightarrow \min \\ \bar{b}^{t+1} = (1-s_t) \cdot T^A \cdot \bar{b}^t + \bar{i}, t \in [1, n], \bar{b}^1 = \bar{b} \\ \bar{s} \in G \end{cases} \quad (22)$$

Стратегия \bar{s}^* существенно зависит от характера функции $p(s_t)$, выражающих зависимость средней стоимости ПО одного человека от s_t . В начале, при росте s_t , значение p будет снижаться из-за уменьшения доли постоянных расходов, однако далее оно будет быстро возрастать вследствие увеличения расходов на охват неорганизованных групп населения. Поэтому далее считаем, что $p(s_t) \rightarrow \infty$ при $s \rightarrow 1$. Минимум функции p_{\min} достигается при s' . Типичный график $p(s_t)$ представлен на рис. 1г. Поскольку $Q(\bar{s})$ ограничена снизу на G , то решение \bar{s}^* задачи (22) существует.

В исследовании сформулирован также и расширенный критерий поиска оптимальной стратегии ПО. Показатель $e(s)$ не учитывает экономический эффект от профилактики, проявляющийся вне планового периода. Эффект существует вследствие того, что к концу периода профилактики структура больных \bar{b}^{n+1} улучшилась по сравнению с \bar{b}^0 и поэтому ежегодные расходы на лечение выявленных больных в последующие периоды уменьшаются по сравнению аналогичным значением в ситуации без проведения профилактики R . Критерий $D(s)$, учитывающий данный эффект назовем *расширенным экономическим эффектом*, а $e(s)$ – *оперативным*.

$$D(\bar{s}) = e(\bar{s}) + \sum_{t=n+1}^k (R - R^t) \quad (23)$$

где k – достаточно большой период, за который сменится поколение, участвовавшее в ПО; R^t – расходы общества на лечение выявленных больных в период после проведения ПО.

$$R^t = N \cdot \sum_{i=1}^k (b_i^t \cdot q_i \cdot p_i^{\infty}) \quad \forall t \in [n+1, k] \quad (24)$$

Выбор того или иного критерия эффективности является отдельным вопросом, находящимся в компетенции соответствующих органов государственной власти. Показатель $e(s)$ является более наглядным и приемлемым для

реального бюджетирования стратегий ПО, чем $D(\bar{s})$. По мнению автора критерий $D(\bar{s})$ более полно оценивает совокупный экономический эффект от ПО, но рассчитать его с достаточной точностью сложно так как заболеваемость населения на периодах времени, превышающих период планирования ПО, может значительно изменяться в силу различных причин. Поэтому, в данной работе находится стратегия ПО, максимизирующая оперативный экономический эффект.

Расходы на лечение заболевания являются для общества обязательными в том смысле, что общество несет их в любом случае. В тоже время расходы на ПО в исследуемом периоде $F(\bar{s}) = \sum_{t=1}^n F^t$ можно рассматривать как инвестиции в здоровье населения и источником их финансирования является государственный бюджет, в отличие от расходов на лечение, которые могут финансироваться из различных источников. Инвестиции в реальности ограничены размером бюджетного финансирования B : $F(\bar{s}) \leq B$. Задачу (22) с данным дополнительным ограничением назовем *задачей с бюджетным ограничением*, ее решение \bar{s}^b – это оптимальная стратегия ПО, наилучшая с точки зрения эффективности инвестиций в период в профилактику заболевания. В настоящее время целевые средства на профилактику неинфекционных заболеваний практически не выделяются и оценка величины B затруднена. Поэтому имеет смысл решить задачу (22) без бюджетного ограничения $F(\bar{s}) \leq B$ для определения ориентировочного размера средств, необходимых для проведения ПО в плановом периоде.

По существующей классификации задача (22) как дискретная задача оптимального управления \bar{s}^* не является линейной. В силу определенной громоздкости условий принципа максимума для рассматриваемых задач и сложности их аналитического решения, был разработан алгоритм численного решения данной задачи с заданной точностью на основе целенаправленного перебора стратегий из дискретного подмножества $\tilde{G} \subset G$, аппроксимирующего G . Исходный код программы написан на языке Object Pascal с использо-

ванием среды разработки Borland Delphi. Полученный программный продукт (далее программа поиска оптимальной стратегии (ППОС)) может быть использован в качестве инструментального средства для поиска оптимальных стратегий профилактики на плановом периоде длительностью до 10 лет. В результате проведенных предварительных расчетов на тестовых примерах данный метод поиска оптимальной стратегии оказывается приемлемым по затратам машинного времени при $n \leq 8$, что соответствует реальным срокам планирования проведения ПО неинфекционных заболеваний.

Также во втором разделе предложены алгоритмы решения двух задач, условия которых отображают наиболее типичные практические ситуации при формировании входных показателей и параметров модели (22) по известным статистическим данным:

- 1) Вычисление значений элементов \bar{b}^0 при известных \bar{a} и T' ;
- 2) Вычисление значений элементов матрицы T' при известных \bar{b}^0 и \bar{a} .

Описанные методы были применены в третьем разделе исследования при построении оптимизационной модели для практической задачи поиска оптимальной стратегии ПО.

В третьем разделе «Моделирование и анализ стратегий профилактики заболевания на примере г. Владивостока» приведены результаты практического применения задачи (22) для поиска оптимальных стратегий профилактического обследования на примере населения города Владивостока с целью выявления у больных инсулинонезависимого сахарного диабета (ИНСД).

В качестве исследуемой группы были выбраны женщины в возрасте от 50 до 65 лет, жительницы г. Владивостока, имеющие факторы риска развития ИНСД. Исходные данные (рис.3) были определены на основе показателей распространенности ИНСД, описанных в научной литературе, и фактических значений заболеваемости сахарным диабетом жителей г. Владивостока, предоставленных ПК МИАЦ.

$$\bar{b}^0 = \begin{vmatrix} 0,1124 \\ 0,0428 \\ 0,02236 \end{vmatrix} \quad T'^A = \begin{vmatrix} 0,7221 & 0 & 0 \\ 0,1582 & 0,5849 & 0 \\ 0 & 0,2276 & 0,5705 \end{vmatrix} \quad \bar{i} = \begin{vmatrix} 0,03123 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$m = 22879 \quad p(s) = (253,5 \cdot s_i^2 - 150 \cdot s_i + 23,185) \cdot p_{\min}, \quad p_{\min} = 0,3 \text{ тыс. руб.}$$

Рис.3 Входные данные для исследуемого населения

В качестве значений расходов на лечение больных ИНСД были использованы экспертные оценки специалистов ПК МИАЦ (в тыс. руб.): $p^1 = | 50,6 \quad 354,9 \quad 843,6 |$ Используя формулы (16,20), рассчитаем расходы государства на лечение больных, выявленных в результате их самостоятельно-го обращения в УЗ без проведения ПО в плановом периоде R^A : $R^A = 1\,869\,647,35 \text{ тыс. руб.}^2$

Решением данной задачи является оптимальная стратегия ПО $\bar{s}^1 = | 0,52 \quad 0,46 \quad 0,42 \quad 0,39 \quad 0,33 \quad 0 \quad 0 \quad 0 |$.

Используя формулы (18) рассчитаем расходы государства при проведении скрининга по стратегии \bar{s}^1 в плановом периоде $Q(\bar{s}_1)$: $Q(\bar{s}_1) = 1\,444\,760,5 \text{ руб.}$ Из них расходы на проведении ПО составили $F(\bar{s}_1) = 64\,627,65 \text{ тыс. руб.}$

Из формулы (21) рассчитаем значение оперативного экономического эффекта от проведения ПО: $e(\bar{s}^1) = 424\,887,35 \text{ тыс. руб.}$

Проведение ПО по стратегии \bar{s}^1 в плановом восьмилетнем периоде снижает расходы государства на лечение больных в течение всей их жизни после выявления заболевания на 424 887,35 тыс. руб. (22,72% от $Q(\bar{s}_1)$). Эффективность инвестиций в ПО в плановом периоде $I^*(\bar{s}^1)$ составила: $I^*(\bar{s}^1) = e(\bar{s}^1) / F(\bar{s}^1) \cdot 100\% = 657,44\%$. Таким образом, один рубль, вложенный в проведение ПО в плановом восьмилетнем периоде, снижает расходы на лечение больных на 6,57 рубля.

² Учитываются все расходы на лечение больного в течение всей его жизни после выявления заболевания.

Анализ распространения ИНСД после проведения скрининга по стратегии \bar{s}^1 показал, что заболеваемость исследуемой группы населения приходит к первоначальным значениям только к 26-му году от начала проведения ПО. Значение расширенного эффекта на данном 26-летнем периоде, рассчитанное по формуле (23), составило $D(\bar{s}^1) - 1016322,82$ тыс. руб., или 16,72% от расходов общества на лечение больных. $Q(\bar{s}_1)$. Эффективность инвестиций в ПО в внеплановом периоде $I^{26}(\bar{s}^1)$ составила: $I^{26}(\bar{s}^1) = B(\bar{s}^1) / F(\bar{s}^1) \cdot 100\% = 1572,5\%$.

Исследование распространения ИНСД в плановом периоде показало, что соотношение невыявленных больных по группам сложности заболевания в исследуемом населении изменяется неравномерно с акцентом на уменьшение долей более тяжелых (а, следовательно, более дорогостоящих) больных (рис.4).

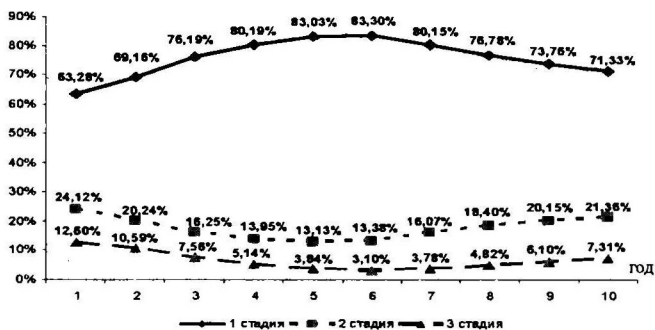


Рис.4 Соотношение групп сложности невыявленных больных в исследуемой группе риска при проведении скрининга по оптимальной стратегии \bar{s}^1

Отсутствие в стратегии \bar{s}^1 в 6-8 годы проведения ПО объясняется тем, что, в данной постановке задачи, часть экономического эффекта от профилактики, сказывается в будущем периоде, который выходит за границы заданного n , и, следовательно, не учитывается при оценке выбора оптимальной стратегии ПО.

Полученные показатели экономической эффективности профилактики ИНСД соотносятся с подобными оценками, описанными в научной литературе для неинфекционных заболеваний с длительным латентным периодом.

Далее в диссертационном исследовании описано вычисления оптимальных стратегии ПО, минимизирующих виды ущербов от заболеваний, соответствующих классификации, приведенной в формулах (2-5).

Пусть \bar{s}^2 – оптимальная стратегия ПО, минимизирующая экономический ущерб, связанный с потерями трудового времени V' ; \bar{s}^3 – оптимальная стратегия, минимизирующая совокупный экономический ущерб IN' ; \bar{s}^4 – оптимальная стратегия, минимизирующая социальный ущерб общества, связанный с преждевременной смертностью C' ; \bar{s}^5 – оптимальная стратегия, минимизирующая социально-экономический ущерб общества A' . Данные о распространении заболевания аналогичны приведенным на рис. 2, значения показателей ущербов взяты из данных экспертных оценок специалистов ПК МИАЦ и автора (табл. 1).

Таблица 1

Показатели стоимости различных видов ущерба вследствие ИНСД по степеням сложности, (тыс. руб.) для исследуемого населения

Вид ущерба	1 сложность	2 сложность	3 сложность
Ущерб, связанный с потерей трудового времени	49,5	240,75	279,17
Совокупный экономический ущерб	100,1	595,65	1122,77
Социальный ущерб	37,94	77,03	518,54
Социально-экономический ущерб	138,04	672,683	1641,307

Полученные оптимальные стратегии для подгруппы населения с факторами риска ИНСД приведены на рис.5. Основные экономические показатели проведения профилактики по стратегиям $\bar{s}^i, i \in [1,5]$ приведены в табл. 2. Анализ показывает наличие зависимости между ростом расходов на проведение ПО и размером ежегодных потерь общества от соответствующего вида ущерба. Наиболее высокие значения по всем показателям эффективности у стратегии, минимизирующей социальный ущерб общества – \bar{s}^4 .

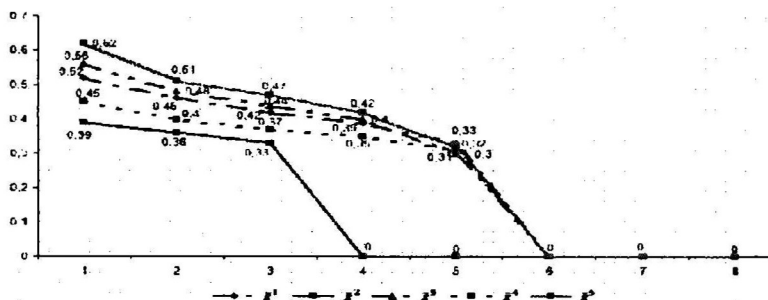


Рис. 5 Оптимальные стратегии ПО от различных видов ущерба

Автор предполагает, что это связано со спецификой метода оценки данного вида ущерба, в результате реализации которого были получены значения, значительно различающиеся по группам сложности. Наименьшие значения показателей эффективности у стратегии \bar{s}^2 , что связано с низким значение ежегодных потерь общества вследствие малого потенциала трудоспособности исследуемой подгруппы населения.

Таблица 2

Сравнительные показатели эффективности стратегий ПО.

Стратегии $\bar{s}^i, i \in [1, 5]$	Расходы без проведения ПО в плановом периоде (тыс. руб.)	$F(\bar{s}^i)$ (тыс. руб.)	Эффект от ПО в плановом периоде (тыс. руб.) $e'(\bar{s}^i)$	$\frac{e'(\bar{s}^i)}{F(\bar{s}^i)}, \%$	Эффект от ПО в плановом периоде (тыс. руб.) $D'(\bar{s}^i)$	$\frac{D'(\bar{s}^i)}{F(\bar{s}^i)}, \%$
$i = 1$	1869648,00	64627,65	424 887,35	657,44%	1016322,82	1572,5%
$i = 2$	862187,68	11005,86	58135,35	528,22%	1016322,82	1627,25%
$i = 3$	2731843,20	87698,55	512966,97	584,92%	1338527,46	1526,28%
$i = 4$	972695,12	29031,65	233468,75	804,18%	544318,42	1874,91%
$i = 5$	3704542,80	134485,75	817812,63	608,10%	2001347,8	1488,15%

В рассмотренных ранее числовых примерах оптимальные стратегии проведения ПО рассчитывались только для восьмилетнего планового периода. Расчет стратегий для более длительного планового периода требует больших затрат машинного времени и мощной вычислительной техники.

Поэтому актуальным для исследователя становится наличие метода, удовлетворяющего следующим условиям:

а) Метод позволяет получить стратегии ПО на плановый период, превышающий 10 лет, проведение профилактики по которым более эффективно, чем ее последовательное проведение по оптимальным стратегиям, полученным с помощью ППОС;

б) Трудоемкость расчета данным методом стратегии на плановом периоде, длительностью более десяти лет, не превышает времени, необходимого для расчета оптимальной стратегии на десятилетний период с помощью ППОС;

В исследовании автором предложен авторский метод вычисления оптимальных стратегий ПО, удовлетворяющий перечисленным условиям.

Анализ оптимальных стратегий профилактики на 8-10 летние плановые периоды, позволил сделать предположение о том, что, при увеличении длительности планового периода, оптимальная стратегия ПО постепенно стремится к некоторому магистральному режиму. На основании вышесказанного была сформулирована гипотеза о том, что наблюдаемая стабилизация показателей динамики в оптимальных стратегиях является следствием наличия в данной (оптимальной) динамике магистрального режима.

Данная гипотеза обосновывает возможность формирования оптимальных стратегии проведения ПО на плановые периоды, превышающие десять лет, с помощью удлинения магистрального режима в оптимальных стратегиях, полученных с помощью существующего программного средства. Она была подтверждена в рамках численного эксперимента при сравнении эффективности проведения ПО на 16-летнем плановом периоде по стратегии \bar{s}_{16} , сформированной с помощью удлинения магистрального отрезка в оптимальной стратегии на десятилетний плановый период, минимизирующей социальный ущерб общества, и стратегии $\bar{s}_{9,16}$, полученной последовательным соединением двух оптимальных стратегий: \bar{s}^4 и оптимальной стратегии, минимизирующей социальный ущерб с девятого по 16-ый годы. Анализ данных

проведенного исследования показал, что проведение профилактики по стратегии \bar{s}_{16} увеличивает размер оперативного эффекта на 103 323,35 тыс. руб. при увеличении расходов на проведение профилактики на 7 596,7 тыс., по сравнению с стратегией \bar{s}_{8+8} . Исследование также показало, что продление магистрального отрезка оптимальных стратегий позволяет в дальнейшем «удерживать» распространение показателей невыявленной заболеваемости в рамках минимальных значений в периоде с шестого по 13-ый год. С практической точки зрения, полученные результаты показывают, что проведение ПО без временных перерывов более эффективно, чем прекращение проведения профилактики, а затем ее возобновление.

Также в диссертационной работе исследовано влияние изменения профиля функции $p(s_i)$ на значения оптимальной стратегии ПО. Данное исследование моделирует практические задачи сравнения между собой различных технологий проведения ПО.

В заключении приводятся основные выводы и результаты, полученные в процессе диссертационного исследования:

- Исследовано значение профилактики неинфекционных заболеваний в современной системе медицинского обслуживания населения, теоретические основы оценки экономической эффективности ПО.

- Приведен авторский подход к оценке ущербов от заболеваемости.

- Рассмотрены и проанализированы особенности моделирования распространения заболеваний на примере ряда известных экономико-математических моделей.

- Представлен разработанный автором вариант динамической модели распространения неинфекционных заболеваний при различных режимах проведения медицинских мероприятий. Доказано наличие равновесных состояний в динамике модели при различных режимах ее функционирования. Доказана устойчивость найденных равновесных состояний.

– Предложены критерии эффективности долгосрочных стратегий ПО. Сформулирована оптимизационная задача поиска оптимальной стратегии ПО.

– Описаны методы формирования входных параметров модели на основе статистических данных, представленных в нормативных статистических документах и научной литературе.

– Сформулированы и численно решены задачи поиска оптимальных стратегий ПО по выявлению ИНСД у населения г. Владивостока для различных видов ущербов от заболевания.

– Осуществлен численный эксперимент, позволяющий сравнить эффективность методов проведения ПО при различных уровнях используемых технологий.

– Сформулирована и численно подтверждена гипотеза о наличии в динамике, соответствующей оптимальным стратегиям, магистральных режимов. На основе этого предложен метод расчета оптимальной стратегии на длительные плановые периоды, превышающие средние возможности персональных компьютеров при непосредственном численном решении оптимизационной задачи для данных периодов.

Основные результаты исследования опубликованы в следующих работах:

1. Гулевич, А.П. Оптимизация экономических эффектов профилактики неинфекционных заболеваний / И.С. Хан, А.П. Гулевич // Белгород: Вестник Белгородского университета потребительской кооперации, 2007. №4. – С. 205-209. (0,25 печатных листа, авторских – 0,12).

2. Гулевич, А.П. О некоторых подходах к моделированию эффективности стратегий профилактики заболеваемости / А.П. Гулевич // Проблемы устойчивого развития и рационального использования ресурсного обеспечения и промышленного потенциала региона: Тезисы докладов всероссийской научной конференции. – Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2006. – С.111-113 (0,13 печатных листа).

3. Гулевич, А.П. Экономическая эффективность профилактики заболеваемости / А.П. Гулевич // Российский Дальний Восток и страны АТР: проблемы устойчивого развития в условиях глобализации: Материалы международной научной конференции. – Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2007. – С. 337-340. (0,13 печатных листа)

4. Гулевич, А.П. Здравоохранение в XXI веке./А.П. Гулевич//Форум будущих лидеров «Россия через 20 лет» Сборник лучших работ. – М.: Группа стратегических исследований «Делфи», 2006. – С. 22-24. (0,17 печатных листа).

5. Гулевич, А.П. Оптимизация стратегий профилактики инфекционных заболеваний / И.С. Хан, А.П. Гулевич // Проблемы устойчивого развития и рационального использования ресурсного обеспечения и промышленного потенциала региона: Тезисы докладов всероссийской научной конференции. – Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2006. – С.108-110. (0,13 печатных листа, авторских – 0,06)

6. Гулевич, А.П. Моделирование влияния стратегий профилактики заболеваний на медицинские затраты общества / И.С. Хан, А.П. Гулевич // Тезисы докладов Дальневосточной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по математическому моделированию. – Владивосток: Изд-во «Дальнаука», 2007. – С. 14-16. (0,13 печатных листа, авторских – 0,06)

7. Гулевич, А.П. Оптимизация экономических эффектов профилактики заболеваний / И.С. Хан, А.П. Гулевич // Российский Дальний Восток и страны АТР: проблемы устойчивого развития в условиях глобализации: Материалы международной научной конференции. – Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2007. – С. 310-312. (0,13 печатных листа, авторских – 0,06)

8. Гулевич, А.П. Оптимизация стратегий профилактики инфекционных заболеваний / И.С. Хан, А.П. Гулевич // Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета, 2008. №2. – С. 10-22. (0,58 печатных листа, авторских – 0,29).

Гулевич Антон Павлович

**ОПТИМАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ
ПРОФИЛАКТИКИ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

Автореферат

Отпечатано по оригинал-макету,
подготовленному автором,
минуя редподготовку
Вне плана

Подписано в печать 08.07.10. Формат 60х84/16

Усл. печ. л. 1,67. Уч.- изд. л. 1,8

Тираж 100 экз. Заказ № 44

Издательство

Государственного учреждения здравоохранения

Приморский краевой медицинский информационно-аналитический центр

690091, г. Владивосток, ул. Лазо, 9

10 2